WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

Две незамысловатые программы демонстрируют гениальные способности в тестах на умственное развитие

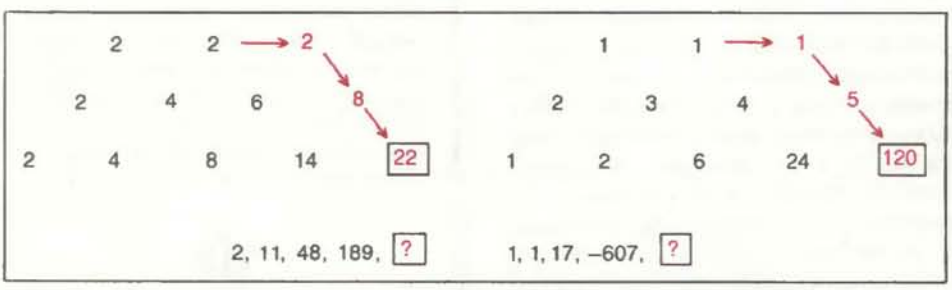
А. К. ДЬЮДНИ

НАВЕРНОЕ, всем знаком старый шуточный номер, который часто показывают в цирке и на ярмарочных клоунадах. На сцену выходит мужчина с могучей мускулатурой в сопровождении сравнительно хрупкой ассистентки. Мужчина берется за штангу невероятных размеров, и с нечеловеческим напряжением сил ему удается поднять ее над головой. Зрители аплодируют, однако аплодисменты тут же сменяются смехом, когда ассистентка небрежно подхватывает штангу одной рукой и уносит ее за кулисы.

Существуют две компьютерные программы, которые как бы воспроизводят этот комический номер, показывая нам, чего в действительности стоят умственные «мускулы», демонстрируемые теми, кто набирает высокий балл по результатам обычного теста на умственное развитие. Обе программы работают, если не на уровне гения, то близком к нему, решая две задачи, широко используемые в тестах: дополнение числовой последовательности и поиск геометрических аналогий. Однако, разобравшись в механизме работы этих программ (что можно сделать без особого труда), невольно удивляешься тому, насколько они, если можно так выразиться, глупы.

Мне вовсе не хочется обижать читателей, считающих себя щедро одаренными умственными способностями, и если я с иронией говорю о тесте умственного развития, то делаю это умышленно. Цель этого теста, как нам говорят, заключается в том, чтобы определить, каков уровень умственного развития индивидуума. Интеллект относится к тем немногим качествам, которыми человек гордится, если они у него есть, и испытывает неудовлетворение, если их у него нет. Однако говорить об интеллекте, когда речь пойдет об обычном тесте на умственное развитие, по-видимому, в корне ошибочно. Эта точка зрения убедительно аргументирована С. Гоулдом из Гарвардского университета в его книге, посвященной тестам на умственные способности (см. библиографию на с. 104). В основном его рассуждения сводятся к следующему. Традиционные тесты такого рода основаны на неявно допускаемом ошибочном предположении, что человеческий интеллект, подобно физической силе, — это некий обобщенный физиологический показатель, поддающийся количественному измерению при помощи последовательности задач, упорядоченных по уровню сложности.

Хороший пример задач подобного рода — продолжение числовой последовательности. Каким должно быть следующее число в последовательности 2, 4, 6, 8, . . . ? Или, например, в последовательности 2, 4, 8, 14, . . . ? Или 1, 2, 6, 24, . . . ? Количество правильных ответов на такие вопросы, выраженное в процентах, измеряет ваше «общее умственное развитие», подобно тому, как динамометр измеряет вес, который вы можете поднять, и, стало быть, силу ваших рук. Заметим, что если результаты теста трактуются как мера «общего умственного развития», то должно существовать некое «ядро» — центральная способность или несколько таких способностей, которые могли бы служить критерием общего умственного развития. Поскольку в самом понятии общего умственного развития предполагается наличие сильной взаимозависимости, или корреляции, между наиболее важными центральными способностями, то не так уж существенно, какие конкретно задачи были включены в тест. Одна задача не хуже и не лучше других.



Продолжение числовой последовательности методом пирамиды. Предлагается решить две задачи, приведенные внизу

Одна из рассматриваемых здесь программ, решающих задачи из тестов на умственное развитие, представляет собой упрощенную версию программы, написанной М. Феенстра, студентом из Роттердама. Программа под названием HI Q решает два вида задач, часто встречающихся в стандартных тестах, а именно дополнение числовой последовательности и обнаружение цифровых аналогий. Недавно Феенстра опробовал свою программу на ряде тестов, приведенных в книге Г. Айзенка «Know Your Own I. Q.» («Ваш коэффициент умственного развития»). Суммарное количество очков, набранных программой, оказалось равным примерно 160. И хотя условия и результаты эксперимента не были тщательно зафиксированы, едва ли следует сомневаться в том, что программа покажет хорошие результаты в реальных условиях, в которых проводятся подобные тесты.

Программа, которую мы здесь рассмотрим, называется SE Q. Она копирует поведение программы HI Q при решении задач на продолжение числовой последовательности. У читателей, которые напишут и испытают программу SE Q, возможно, сложится впечатление, что их умственные способности в решении числовых задач значительно повысятся. В основу программы положена довольно простая идея. Когда задана последовательность чисел и требуется найти следующее число, никто не пытается сразу угадать его. Стремятся найти правило, которому подчиняются заданные члены последовательности. Заметим, что с математической точки зрения для любой конечной последовательности чисел существует бесконечное количество правил, которым она подчиняется. Таким образом, задача сводится к отысканию простого правила, задающего последовательность.

В программе SE Q рассматриваются лишь два вида правил: аддитивные и мультипликативные. Например, чтобы найти следующее число в последовательности 2, 4, 8, 14, . . . ,

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

можно попытаться найти аддитивное правило, а лучший способ поиска такого правила заключается в построении так называемой пирамиды разностей (см. рисунок на с. 90). В основании пирамиды лежит заданная последовательность чисел, и пирамида строится снизу вверх вычислением разностей между каждым последующим и предыдущим числами, находящимися на предыдущем уровне пирамиды. Так, первое число на втором уровне пирамиды есть разница первых двух чисел первого уровня, а именно 2 и 4. Их разность равна 2, и, таким образом, 2 — это первое число на втором уровне. Аналогично два других числа на втором уровне находятся вычитанием: $8 - 4 = 4$ и $14 - 8 = 6$; полученная в результате последовательность на втором уровне: 2, 4, 6. С помощью аналогичной процедуры находим числа третьего уровня пирамиды — их два, причем оба равны 2.

Равенство всех чисел на определенном уровне пирамиды является своеобразным сигналом, говорящим о том, что процесс наращивания пирамиды вверх следует прекратить и достраивать ее сбоку. Предположим, что третье число в третьем ряду пирамиды также должно быть равно 2. Но в таком случае логично считать, что следующее число во втором ряду пирамиды должно получаться путем прибавления к последнему числу 2, т. е. $6 + 2 = 8$. В свою очередь это число можно прибавить к последнему члену последовательности на первом уровне пирамиды: $14 + 8 = 22$; и действительно, 22 — это правильный ответ, за получение которого, согласно условиям теста, начисляют полное число баллов. Стоит таким образом прийти к последовательности одинаковых чисел на верхнем уровне пирамиды, как все остальные уровни будут достраиваться путем применения соответствующего правила к каждому нижележащему уровню вплоть до основания.

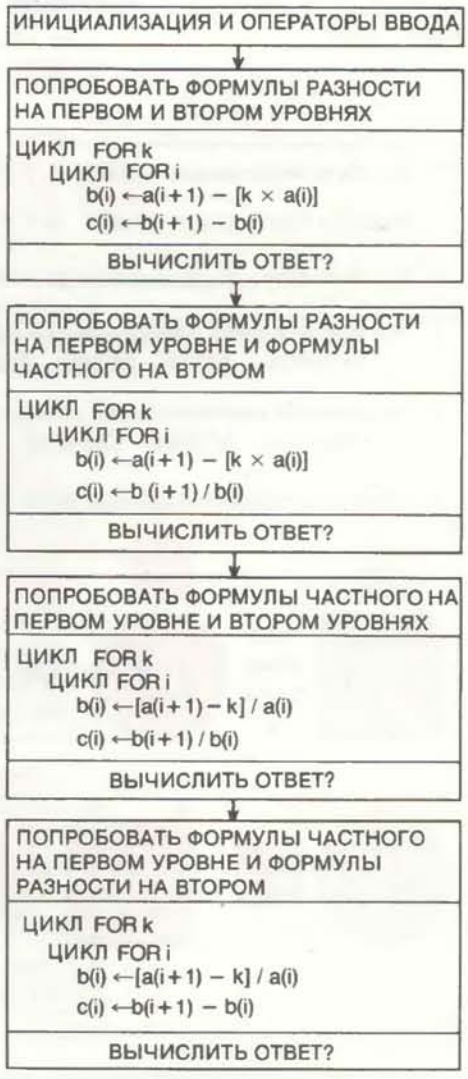
Очень многие задачи из тестов, касающиеся числовых последовательностей, сводятся к этой простой процедуре. Читатели, хорошо помнящие алгебру из курса средней школы, сразу же видят, что приведенные в качестве примера последовательности обладают свойствами полиномов. Любой полином, вычисленный для последовательного набора целых значений аргумента, дает последовательность, из которой можно построить пирамиду разностей. При достаточно большом количестве вычисленных значений на верхнем уровне пирамиды в конце концов получится последовательность одинаковых чисел. Количество требующихся для этого уровней минус единица — это степень полинома. Последовательность 2, 4, 8, 14, дающая постоянную последовательность, состоящую из двоек, на третьем уровне пирамиды разностей, образуется, например, в процессе последовательного вычисления значений квадратичного полинома, или полинома второй степени: $x^2 - x + 2$.

К сожалению, не все задачи на числовые последовательности можно решить путем построения пирамиды разностей. Например, последовательность 1, 2, 6, 24, . . . дает пирамиду разностей, на верхнем уровне которой находятся числа 3 и 14. Однако быстрый рост членов последовательности говорит в пользу ее геометрического характера: соседние члены геометрической прогрессии отличаются друг от друга на постоянный множитель, а не на постоянную прибавляемую или вычитаемую величину. Разумно поэтому было бы построить множество величин, являющихся частным от деления соседних членов последовательности друг на друга, а не их разности (см. рисунок на с. 90). Вычисляя частные от деления каждой пары чисел в последовательности 1, 2, 6, 24, . . . , мы получаем на втором уровне пирамиды числа 2, 3, 4 , ... Вторая последовательность говорит о резком изменении правила, задающего последовательность: третий ряд пирамиды нужно строить уже по разностям, а не по частным от деления. Наверное, ни у кого не возникнет сомнения в том, что в конце второго ряда должно стоять число 5? Таким образом, ответ будет равен 120, т. е. произведению 24, последнего заданного числа в первом ряду, и 5.

Программа SE Q, решающая задачи на продолжение числовых последовательностей, строит пирамиды, рассматривая как последовательности из разностей между соседними членами нижнего уровня, так и последовательности частных от их деления друг на друга. Более того, она исследует соседние пары чисел последовательности в поисках более общих аддитивных и мультипликативных правил. В аддитивном правиле первый член каждой пары может предварительно быть умножен на константу k, перед тем как произвести обычное сложение, а в мультипликативном правиле после обычного умножения к результату может быть прибавлена константа k. Написать такую программу — это довольно несложное упражнение для начинающих программистов (см. рисунок справа).

Несколько простых формул, на которых основаны общие правила построения пирамиды, представляют собой главную часть программы SE Q. Предположим, что числа заданной последовательности уже были присвоены в качестве значений четырем переменным $a(1), a(2), a(3), a(4)$. Чтобы получить второй ряд, $b(1)$, $b(2)$, $b(3)$, программа пытается применить либо обобщенную формулу разности вида $b(1) \leftarrow a(2) - k \times a(1)$, либо обобщенную формулу частного вида $b(1) \leftarrow [a(2) - k]/a(1)$. В обоих случаях k означает произвольное целое число из определенного диапазона. Программа пытается также сделать аналогичные подстановки для $b(2)$ и $b(3)$ при одном и том же значении константы k: для $b(2)$ она пробует формулу $a(3) - k \times a(2)$ или $[a(3) - k]/a(2)$, а для $b(3)$ она пробует $a(4) - k \times a(3)$ или $[a(4) - k]/a(3)$.

Третий ряд, $c(1)$, $c(2)$, получается еще проще: программа пробует подставлять лишь формулу простой разности $c(1) \leftarrow b(2) - b(1)$ и $c(2) \leftarrow b(3) - b(2)$ или простого частного: $c(1) \leftarrow b(2)/b(1)$ и $c(2) \leftarrow b(3)/b(2)$.



Алгоритм программы SE Q

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

Очевидно, в тестах на умственное развитие очень редко встречаются задачи с числовыми последовательностями более сложными, чем те, которые охватываются рассмотренными формулами.

При построении пирамиды программа SE Q каждый раз пробует применить обобщенную формулу для вычисления значений b и простую формулу для значений c. Таким образом, программа создается как бы из четырех сегментов. Каждый сегмент представляет собой цикл с какой-то одной комбинацией подстановочных формул. Например, в одном из таких сегментов сначала применяются три обобщенные формулы частного вида $b(1) \leftarrow [a(2) - k]/a(1)$ для вычисления значений $b(1)$, $b(2)$ и $b(3)$, образующих второй уровень пирамиды. Затем в этом сегменте применяются две простые формулы разности вида $c(1) \leftarrow b(2) - b(1)$, чтобы получить значения $c(1)$ и $c(2)$ третьего уровня пирамиды. Весь набор из пяти формул вложен в так называемый цикл полного перебора возможностей, в котором пробуется каждое значение константы k. Феенстра рекомендует ограничивать значения k диапазоном от -5 до 5.

Внутри цикла, после того как вычисляются новые значения $c(1)$ и $c(2)$, они проверяются на равенство. Если они оказываются равными, то их общее значение присваивается переменной c, а текущее значение константы k присваивается переменной kk. Сразу за циклом расположены операторы, строящие искомое число, продолжающее заданную последовательность (если решение было найдено) по значениям c и kk. В рассматриваемом примере получаем $b(4)$, новый член второго уровня, путем прибавления c к значению $b(3)$. Ответ, т. е. значение $a(5)$, получается затем умножением $a(4)$ на $b(4)$ и прибавлением значения kk к произведению.

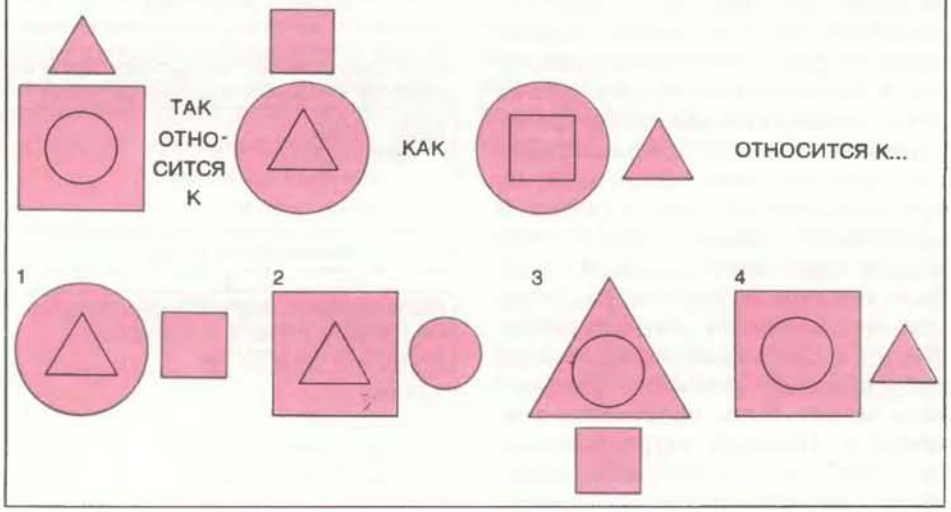
Таким образом, двух операторов в конце каждого цикла оказывается достаточно, чтобы получить решение задачи, если поиск, осуществляемый в цикле, оказался успешным. Конкретный вид этих операторов зависит от формул, применяемых в соответствующем цикле, и я предоставляю читателям, желающим самостоятельно написать программу SE Q, установить, какими должны быть операторы, завершающие каждый цикл. Чтобы выделить переменную, представляющую наибольший интерес в каждом конкретном случае, воспользуйтесь приемами алгебры. И конечно, если один из описанных циклов программы приводит к решению задачи, то оно должно быть выведено на печать специальным оператором печати. При этом программа может уже не выполнять оставшиеся циклы и остановиться, или же она может выполнить все циклы, чтобы найти другие решения. Выполняя все циклы своей программы, Феенстра выявил несколько «некорректных» задач в тестах, имевших более одного правильного ответа. Если ни в одном из четырех циклов не удается найти никакого решения, то разумно на этот случай предусмотреть вывод на печать сообщения о неудаче поиска. Каким именно должно быть это сообщение — дело вкуса. Те, кто хочет придать своей программе оттенок одушевленности, могут, например, заложить в нее сообщение «Помогите!».

Программу SE Q можно испытать на вопросах, взятых из нескольких широко известных книжек, посвященных тестированию. В книге Айзенка приведено восемь полных тестов, при помощи которых читатель якобы может определить коэффициент своего умственного развития. Тесты включают вопросы нескольких различных видов, обычно присутствующих в стандартных тестах, например вопросы о недостающем числе, недостающей букве, недостающем слове, неподходящем слове, о перетасованных словах и геометрических аналогиях (см. рисунок слева). В каждой категории вопросов обычно имеются несколько подтипов. Например, в книге Айзенка есть три типа вопросов о недостающем числе, а именно обычные задачи на дополнение числовой последовательности, уже рассмотренные выше, и два других типа задач, которые можно проиллюстрировать следующими двумя примерами:

164	(225)	286
224	(---)	476
8	3	21
6	5	25
12	2	--

В каждом случае экзаменующийся потенциальный гений должен указать недостающее число в соответствии с «уловленным» им правилом. Программа Феенстры HI Q справляется с такими вопросами при помощи процедур, в которых применяются формулы того же типа, что и в рассмотренной выше программе продолжения числовой последовательности. Предлагаю читателям попробовать свои силы. В следующем номере журнала будут даны ответы к двум приве-

1. Вставьте недостающее число: 3 7 16 35 ...
2. Вставьте недостающую букву: Н Р Л Т Й Ф ...
3. Вставьте слово, завершающее первое слово и начинающее второе: АМ (...) АН
4. Подчеркните слово, неподходящее к остальным:
   АБРИКОС БАГОР ВЕДРО ЛЮБОВЬ ГОРДОСТЬ
5. Подчеркните название города, который не находится в Италии:
   АВЕЦЦАН ФОДЖА ТОНОПА ДЖЕЛА
6. Какая из четырех приведенных внизу фигур должна завершать верхнюю строку?



Мини-тест на умственное развитие, составленный из вопросов, заимствованных из книги Г. Айзенка «Ваш коэффициент умственного развития»

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

денным выше задачам, а также к задачам, представленным на рисунках на с. 90 и 92.

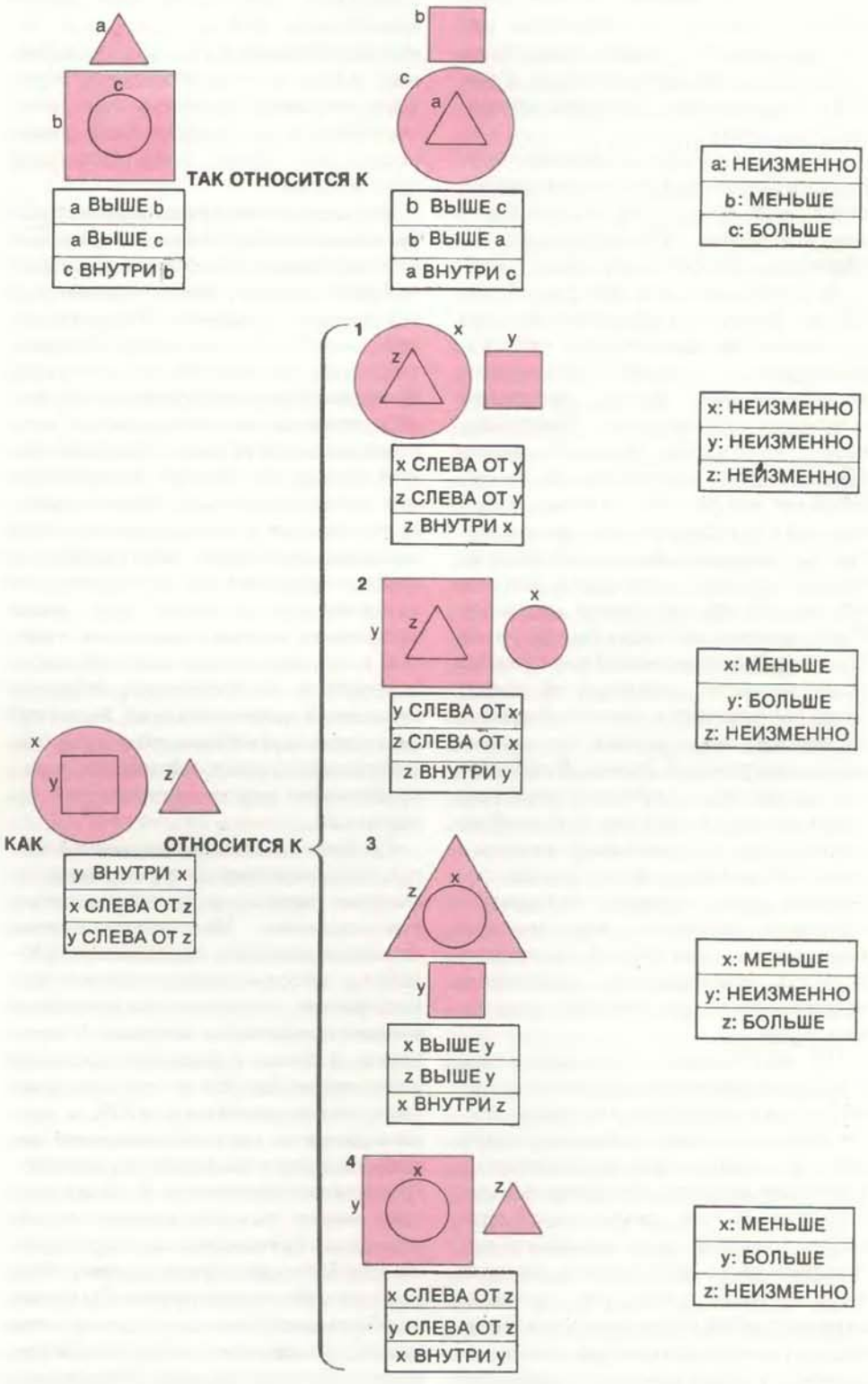
Хотя программа HI Q отвечает лишь на вопросы одного важного класса из числа предлагаемых в тестах на проверку умственного развития, решение задач, относящихся к другим классам, также можно автоматизировать. В самом деле, программа, решающая задачи на геометрические аналогии, была написана более 20 лет назад Т. Эвансом как часть его диссертации на звание доктора философии, которую он защитил в Массачусетском технологическом институте. Несмотря на то что все это звучит весьма серьезно, основные идеи, заложенные в программе Эванса, можно легко понять.

Все геометрические задачи, которые она призвана решать, сводятся к следующему: фигура *A* относится к фигуре *B*, как фигура *C* относится к одной из, скажем, четырех фигур, приведенных в качестве потенциального ответа. Программа выбирает подходящую фигуру, сначала пытаясь определить набор простых правил, трансформирующих фигуру *A* в фигуру *B* (см. рисунок справа). Затем она повторяет эту процедуру с фигурой *C* и каждой из четырех фигур — потенциальных решений задачи. В каждом случае генерируется набор правил, при помощи которых фигуру *C* можно трансформировать в искомую фигуру. Фигура, получающаяся в результате применения тех правил трансформации, которые ближе всего к правилам, трансформирующим фигуру *A* в фигуру *B*, выбирается в качестве ответа.

В программе Эванса пять раз повторяется, по существу, одна и та же операция. Каждый раз две фигуры, исходная и производная, служат в качестве входных данных. Для каждой такой пары фигур программа вырабатывает трехкомпонентное табличное описание процесса трансформации, в результате которого исходная фигура превращается в производную. Сначала программа перечисляет пространственные взаимоотношения между составными частями исходной фигуры, затем она перечисляет пространственные отношения между составляющими производной фигуры. В обоих описаниях рассматриваются лишь три пространственных отношения: *выше*, *слева от* и *внутри*. Наконец, программа описывает, каким образом изменяются составляющие детали второй фигуры по сравнению с составляющими первой. Изменения эти могут быть четырех видов; каждая деталь может: изменить свой размер, оказаться повернутой, быть отражением или же вовсе исчезнуть.

Предположим, фигуры *A*, *B* и *C* состоят из трех частей каждая: круга, квадрата и треугольника. На фигурах *A* и *B* программа может обозначить треугольники буквой *a*, квадраты — буквой *b* и круги — буквой *c*, однако она не пытается обозначить детали фигуры *C* аналогичным образом. Вместо этого она присваивает трем составляющим фигуры *C* произвольные обозначения *x*, *y* и *z*. Затем она создает трехкомпонентное табличное описание для пары фигур *A* и *B* и еще четыре описания, по одному для каждой пары фигур *C* и фигуры из числа кандидатов на ответ. В последних четырех таблицах повсюду используются обозначения *x*, *y* и *z*.

Завершающая операция програм-



Алгоритм решения задач на геометрические аналогии, приведенный в диссертации Т. Эванса

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

мы Эванса состоит в том, чтобы произвести все возможные подстановки a, b и c вместо x, y и z. Поскольку x, y и z можно переставить лишь шестью различными способами, количество производимых подстановок в программе также равно шести. Одна из подстановок может превратить табличное описание пары фигур A и B в соответствующее табличное описание фигуры C и одной из фигур — кандидатов на ответ. Эта последняя фигура и представляет собой решение задачи. Если точного соответствия найти не удалось, то программа может подсчитать степень относительного успеха при подстановках и выбрать подстановку, дающую наилучший результат.

Патрик Уинстон описывает программу поиска геометрических аналогий в своей книге «Artificial Intelligence» (в переводе «Искусственный интеллект», см. библиографию). Уинстон утверждает, что программа «работает хорошо» и объясняет ее успех применением эффективной системы представления знаний, касающихся геометрических фигур, которыми оперирует программа. Например, вместо того чтобы указывать, каким образом такие отношения, как *выше*, *слева от* или *внутри*, изменяются от картинки к картинке, программа могла бы описывать, как одна фигура на первой картинке трансформируется в другую фигуру на второй картинке. Такая программа могла бы оказаться чрезвычайно громоздкой и к тому же неэффективной, поскольку ей нужно было бы проверить намного большее количество подстановок по сравнению с программой Эванса. В действительности поиск хорошего представления является центральной проблемой в задаче создания искусственного интеллекта. Очень часто удачно выбранное представление оказывается ключевым фактором, позволяющим компьютеру имитировать некоторые аспекты человеческого мышления, проявляемого при решении различных задач.

По аналогичным причинам представление объектов в сознании человека также является в настоящее время предметом оживленных дискуссий среди исследователей, занимающихся изучением природы человеческого интеллекта. В этом смысле необходимость изучения искусственного интеллекта часто объясняется, помимо всего прочего, и тем, что оно представляет собой попытку продемонстрировать «доказательство существования» механистического описания человеческих способностей. При этом рассуждают примерно так: если компьютерная программа оказывается в состоянии моделировать какой-то элемент человеческого поведения, то представление поведения, заложенное в программе, может по крайней мере служить моделью внутреннего представления того же элемента поведения в человеческом мозгу. Однако на самом деле успешное моделирование человеческого поведения зачастую проливает очень мало света на внутренние процессы, характерные для человеческой психики. Мы не можем с уверенностью утверждать, что существует какая-либо связь между механизмом работы программ Фенстры и Эванса и тем, как аналогичные задачи решаются людьми. Вероятно, человеческий разум при решении той или иной конкретной задачи пользуется более универсальными стратегиями.

Это последнее предположение как бы замыкает круг наших рассуждений и возвращает нас к вопросу о природе человеческого интеллекта и о том, как его можно измерить. Уже отмечалось, что С. Гоулд охарактеризовал тесты на умственное развитие как принципиальное заблуждение. В своей критике он делает акцент на двух главных недостатках, присущих самой концепции тестов: неправомерной материализации сугубо абстрактного понятия и ранжировании этой материализованной абстракции в одном-единственном измерении. В значительной степени эта наша склонность «делать вещи» из того, что в лучшем случае является лишь туманными абстракциями, объясняется самой природой языка. Более того, когда мы убеждаем себя в том, что имеем дело с реальной вещью, у нас срабатывает рефлекс попытаться измерить ее.

Требуя единой количественной меры, мы совершаем вторую принципиальную ошибку, а именно ошибку ранжирования. Мы хотим свести сложные явления к одной шкале. Подобные методы привели нас к хорошей физике, но они также привели к плохим социальным теориям. В частности, я имею в виду тестирование интеллекта. Для XX в. это примерно то же самое, чем была для XIX в. краниометрия — система измерений черепа человека с помощью антропологических инструментов. В обоих случаях целые расовые группы людей оказались «измерены» принципиально ошибочно не только потому, что само по себе это измерение было почти бессмысленным, но и потому, что процесс измерения в значительной мере был подвержен предубеждениям, как сознательным, так и неосознанным.

Гоулд энергично атакует биологический детерминизм, мнение о том, что поведение человека определяется его генами, и предостерегает нас от той точки зрения, что способности нашего мозга являются прямым следствием естественного отбора. «Наш мозг — это компьютер колоссальной сложности, — пишет он. — Если установить гораздо более простой компьютер для бухгалтерских расчетов на фабрике, то он может также выполнять и многие другие более сложные функции, не связанные с его непосредственной ролью. Эти дополнительные способности являются неизбежным следствием структурной конструкции машины, а не его приспособления. Наши значительно более сложные биологические компьютеры также были созданы с некоторой целью, однако они обладают почти ужасающим многообразием дополнительных способностей, включая бóльшую часть того, что, как мне кажется, делает нас людьми».

И именно здесь Гоулд затронул то, что, на мой взгляд, должно тревожить нас в оценке относительно простой компьютерной программы, которая, подвергшись тесту на умственное развитие, получает балл на уровне гения. Измеряет ли этот балл умственное развитие компьютера? Если нет, то каким образом можно измерить интеллект машины независимо от того, сделана она из кремния или пластмассы или еще какого-нибудь материала? Ответ: наверное, не прогоном программы через набор тестов на умственное развитие.

ЛИНЕЙКИ Коломба, предмет статьи в февральском номере нашего журнала, оказались самой трудной задачей из тех, с которыми читатели сталкивались до сих пор. Многие были званы, да немногие избраны, так сказать. Несколько читателей попытались заработать приз в 100 долл., учрежденный изобретателем линеек Соломоном У. Коломбом из Южнокалифорнийского университета.

Линейка Коломба с n делениями — это кратчайшая возможная линейка, обладающая следующими свойствами: у нее n делений (включая концы), отстоящих друг от друга на расстояния, равные целым числам, и она измеряет все возможные интервалы, которые представляются суммой целых чисел, от единицы до интервала, равного длине линейки, причем каждый интервал измеряется единственным способом. Интервал может быть измерен линейкой только в том случае, если он оказался равным расстоянию между какими-нибудь двумя делениями линейки. Если одно и то

WWW.SCIAM-MAGAZINE.NAROD.RU

же расстояние можно измерить более чем одной парой делений, то линейка уже не принадлежит классу линеек Коломба.

Ко времени публикации статьи не было известно ни одной линейки Коломба, обладающей более чем 13 делениями, а кратчайшая известная линейка с 15 делениями имела длину 155 единиц. Однако вскоре после этого Д. Робертсон из Национальной службы США по исследованию атмосферы и океана открыл более короткую линейку с 15 делениями. Ее длина 153 единицы. Затем во время рождественских каникул Дж. Шерер из Исследовательского центра Томаса Уотсона фирмы IBM запрограммировал простаивающий компьютер для исчерпывающего поиска линеек, и теперь появились линейки Коломба с 14 и 15 делениями. Линейка с 14 делениями имеет длину 127 единиц, и ее деления расположены в точках 0, 5, 28, 38, 41, 49, 50, 68, 75, 92, 107, 121, 123 и 127. Линейка Коломба с 15 делениями имеет длину 151 единицу, и ее деления расположены соответственно в точках 0, 6, 7, 15, 28, 40, 51, 75, 89, 92, 94, 121, 131, 147 и 151. Шерер пишет, что он сэкономил много машинного времени, предположив, что среднее деление линейки находится слева от ее геометрического центра.

По другой задаче, поставленной Коломбом, мы получили письма читателей с заявками на премию в 100 долл. Однако все присланные до сих пор решения недействительны, поскольку они основаны на неправильном понимании задачи. Коломб попросил прояснить ситуацию, переформулировав условие задачи. Найти две различные линейки (не обязательно минимальной длины) с одинаковым количеством делений, превышающим число 6, которые измеряют один и тот же набор расстояний, причем опять-таки ни одно из этих расстояний не может быть измерено никакой линейкой более чем одной парой делений. Линейки, являющиеся зеркальным отражением друг друга, например такие, как 0, 2, 5, 6 и 0, 1, 4, 6, не считаются различными. Существует бесконечно много пар линеек (почти все они не минимальные), которые решают аналог задачи Коломба для шести делений. Например, такую пару образуют следующие линейки: 0, 1, 4, 10, 12, 17 и 0, 1, 8, 11, 13, 17. Они не являются зеркальным отражением друг друга. Это существенно разные линейки, но обе они измеряют все расстояния в диапазоне от 1 до 17, кроме 14 и 15. Награда достанется тому, кто первым найдет такую пару линеек с числом делений, большим шести.

Книги

Справочник музыкальных инструментов; столетие со дня рождения Нильса Бора; сажа в окружающей среде; коммуникация у головоногих; огонь

ФИЛИП МОРРИСОН

Эндрю Стиллер. СПРАВОЧНИК МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ
HANDBOOK OF INSTRUMENTATION, by Andrew Stiller. University of California Press ($65)

Этот красочно оформленный том представляет собой исчерпывающий справочник музыкальных инструментов. Автор, композитор и профессор Нью-Йоркского университета в Буффало, увлеченный и неутомимый исследователь, рассказывает нам о каждом инструменте, который в настоящее время используется в Северной Америке для исполнения классической и популярной музыки. Стиральная доска рассматривается как музыкальный инструмент не менее подробно, чем тончайшие клапаны геккельфона (баритонового гобоя) или струны и рама рояля. Классическая и популярная музыка таких композиторов и импровизаторов, как Доменико Скарлатти, Джон Кейдж или Грейтфул Дед, может быть услышана в исполнении на большинстве описанных здесь инструментов даже в самых отдаленных уголках земного шара. Из множества народных инструментов и инструментов незападного происхождения автором отобраны те, которые получили повсеместное распространение.

Наибольший интерес книга вызовет у музыкантов и композиторов, а также тех, кто занимается изготовлением и продажей музыкальных инструментов. Однако она написана столь превосходно, что ее с интересом прочтут даже те, для кого она не представляет практического интереса.

Все инструменты «сгруппированы» по главам в том порядке, в котором мы привыкли видеть их в оркестре. Для каждого инструмента (начиная с наиболее распространенного и кончая самым редким) названы самые выдающиеся исполнители. В книге приводятся краткие исторические сведения о музыкальных инструментах, дан физический анализ их работы и рассмотрены их возможности. Рассказ о музыкальном инструменте, как правило, заканчивается воспоминаниями очевидцев об особенностях исполнения того или иного виртуоза. В приложении есть даже небольшой список изготовителей каждого инструмента.

Около трети раздела, посвященного современным инструментам, отводится обширной семье ударных инструментов, а также необходимых аксессуаров к ним: щеточек, палочек, молоточков. Немного меньше места занимает повествование о реконструкции старинных инструментов — рожков, виол, клавесинов и лютней, долгое время пребывавших в забвении, а теперь вновь доставляющих наслаждение любителям старинной музыки.

Рецензия на книгу, одно из главных достоинств которой состоит в исчерпывающем охвате материала, может получиться скучной, если не остановиться на чем-либо более подробно. Выберем для этого уникальный «музыкальный инструмент» — человеческий голос, который автор описывает во всем его разнообразии. Почти все звуки, которые мы в состоянии издавать, используются в том или ином языке. Автор знакомит нас с Международным фонетическим алфавитом (с точки зрения современного лингвиста он уже устарел, поскольку не в силах «справиться» со щелкающими и взрывными звуками, а также со звуками, похожими на кряканье утенка Дональда, и тем не менее этот алфавит по-прежнему остается «находкой для композитора»).

Регистры непоставленного голоса анализируются с помощью элементарной физики. Напряжение голосовых связок определяет высоту звука, резонанс между полостью гортани и рта придает ему тембр. Различают четыре степени напряжения связок, называемые четырьмя регистрами. Звуки разных регистров звучат поразному и отличаются как по высоте, так и по тембру. Четыре регистра — это: горловой, фальцетный, грудной и «граул». Звуки горлового регистра, тонкие и пронзительные, обычно сопровождают детские игры. Он почти